



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID: 10036

**To cite this document:** Pizarro, Francisco and Pascaud, Romain *Concept d'antenne filtrante pour des applications GNSS*. (2011) In: 17ème Journées Nationales Microondes, JNM 2011, 18 May 2011 - 20 May 2011 (Brest, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr)

# Concept d'antenne filtrante pour des applications GNSS

Francisco Pizarro<sup>1</sup>, Romain Pascaud<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Toulouse, ISAE, DEOS, 10 avenue Edouard Belin, BP54032, 31055 Toulouse Cedex 4  
f.pizarro-torres@isae.fr : correspondant principal

## Résumé

*Ce papier présente un nouveau concept d'antenne filtrante pour des applications GNSS. Celle-ci est constituée d'un résonateur diélectrique (DR) de forme cylindrique. Deux modes orthogonaux du DR sont utilisés, un pour l'antenne ( $HEM_{11\delta}$ ) et un pour le filtre ( $TE_{01\delta}$ ). Pour accorder ces deux modes à la même fréquence de résonance, un disque métallique est placé au dessus du DR. La solution proposée à la fréquence de résonance GPS L1 ( $f_{GPS} = 1,575$  GHz), montre une meilleure sélectivité au niveau du gain d'antenne en comparaison avec une antenne à résonateur diélectrique classique.*

## 1. Introduction

La précision de la position mesurée à l'aide d'un système de positionnement par satellites (GNSS) est souvent fonction de l'environnement du récepteur. En effet, dans un contexte urbain par exemple, la présence de nombreux multi-trajets et/ou interférences peut engendrer une erreur importante sur l'estimation de la position (de l'ordre de la dizaine à la centaine de mètres).

Pour améliorer cette estimation, l'utilisation de réseaux d'antennes au sein des récepteurs GNSS est aujourd'hui envisagée [1]. L'intégration de plusieurs antennes permet la mise en œuvre de techniques temps réel de localisation et de filtrage spatio-temporel des signaux interférents. Généralement, plus le nombre d'éléments dans le réseau est important, meilleure est la capacité de réjection des signaux parasites. Des études récentes ont montré que l'utilisation de quatre antennes peut améliorer sensiblement la précision de localisation en présence de multi-trajets [2]. Cependant, de nouvelles contraintes apparaissent sur l'intégration de plusieurs voies RF dans le cas d'un terminal mobile de petite taille.

Deux stratégies semblent envisageables pour réduire l'encombrement lié à la multiplication des voies RF. La première considère chaque fonction RF (antenne, filtre et LNA) de manière isolée et tente de miniaturiser chacune d'entre elles indépendamment les unes des autres. La seconde considère l'intégration du maximum de fonctions RF au sein d'un même élément de petite taille. C'est cette approche qui est étudiée dans ce papier en considérant comme élément central un résonateur diélectrique (DR).

En effet, l'utilisation d'un seul DR de forme cylindrique à la fois comme antenne et comme filtre a

récemment été proposée [3,4]. Pour ce faire, chaque fonction RF utilise un mode différent du résonateur diélectrique, à savoir le mode  $HEM_{11\delta}$  ou  $TM_{01\delta}$  pour l'antenne et le mode  $TE_{01\delta}$  pour le filtre. Ces modes ont la particularité d'être orthogonaux, limitant ainsi le couplage entre les fonctions. Néanmoins, les fréquences d'accord de ces fonctions (ou modes) sont naturellement différentes. Il a été montré que la mise en place d'un disque métallique placé au dessus du résonateur diélectrique permet le réglage de la fréquence de résonance du filtre indépendamment de celle de l'antenne [3,4]. Dans ces précédents travaux les deux fonctions (antenne et filtre) sont considérées comme séparées.

Dans ce papier, le dimensionnement d'une antenne filtrante à la fréquence GPS L1 ( $f_{GPS} = 1,575$  GHz) basée sur l'utilisation d'un seul résonateur diélectrique cylindrique est discutée.

## 2. Dimensionnement de l'antenne filtrante

Le dimensionnement de la solution étudiée est réalisé en trois étapes. A noter que dans cette étude, tous les matériaux sont considérés sans pertes. Toutes les structures proposées ont été analysées à l'aide du logiciel HFSS d'Ansoft.

### 2.a. Dimensionnement de l'antenne à résonateur diélectrique (DRA)

Tout d'abord, une antenne à résonateur diélectrique (DRA) est dimensionnée pour un fonctionnement optimal à  $f_{GPS} = 1,575$  GHz.

Comme le montre la Figure 1, un résonateur diélectrique cylindrique de constante diélectrique  $\epsilon_{DRA} = 80$  est placé sur deux substrats identiques ( $\epsilon_r = 4,1$ ). Le plan de masse de l'antenne est situé entre ces deux substrats. L'excitation de cette antenne est réalisée par le biais d'une ligne microruban imprimée de l'autre côté du plan de masse et d'une fente dans ce dernier.

Cette excitation par couplage électromagnétique excite le mode  $HEM_{11\delta}$  du résonateur diélectrique [5]. Ici, le mode  $HEM_{11\delta}$  est préféré au mode  $TM_{01\delta}$  de par son diagramme de rayonnement hémisphérique qui est en accord avec les contraintes des systèmes GNSS. Néanmoins, cette excitation impose une polarisation linéaire pour le champ rayonné. Par la suite, une excitation plus complexe devra être envisagée pour la réception des signaux GPS qui sont de polarisation circulaire droite.

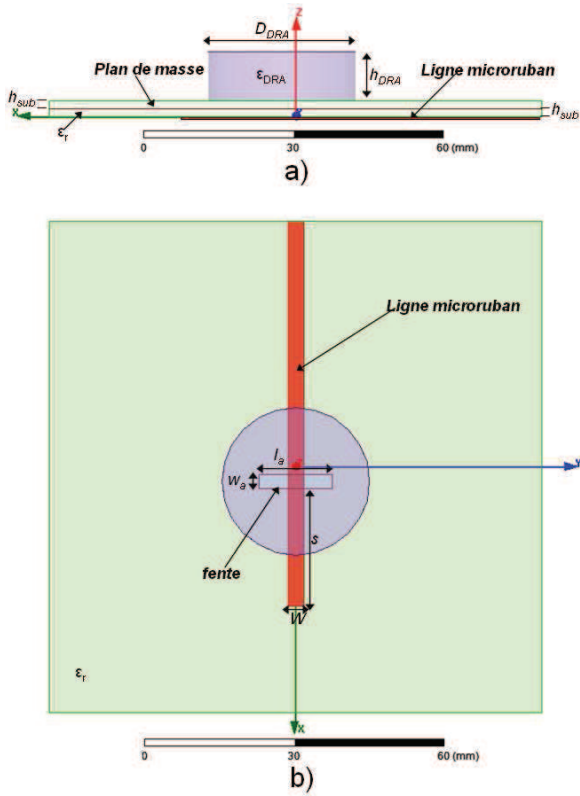


Figure 1. Configuration de l'antenne à résonateur diélectrique a) vue latérale b) vue supérieure du réseau excitation.

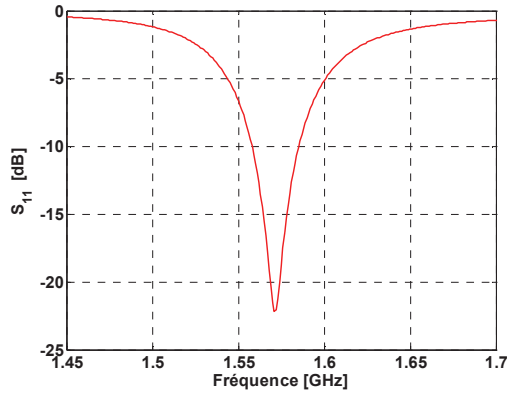


Figure 2. Coefficient de réflexion simulé de l'antenne à résonateur diélectrique.

Les valeurs optimisées des paramètres de cette configuration sont :  $D_{DRA} = 30 \text{ mm}$ ;  $h_{DRA} = 10 \text{ mm}$ ;  $h_{sub} = 1,6 \text{ mm}$ ;  $W = 3,23 \text{ mm}$ ;  $l_a = 14,75 \text{ mm}$ ;  $w_a = 2,94 \text{ mm}$ ;  $S = 26,87 \text{ mm}$ ;  $\epsilon_r = 4,1$ ;  $\epsilon_{DRA} = 80$ .

La Figure 2 représente le paramètre  $S_{11}$  simulé de l'antenne à résonateur diélectrique dimensionnée. La bande passante à -10 dB est égale à 27 MHz pour une fréquence de résonance de 1,575 GHz.

#### 2.b. Dimensionnement du filtre à résonateur diélectrique (DRF)

Une fois l'antenne optimale trouvée, un filtre est conçu à partir des dimensions du même résonateur diélectrique.

Dans ce cas, le résonateur est alimenté par deux lignes microrubans parallèles imprimées sur le même plan que celui du résonateur diélectrique (Figure 3). Cette configuration d'alimentation permet l'excitation par couplage électromagnétique du mode  $TE_{01\delta}$  dont la réponse fréquentielle correspond à un filtre passe-bande. Le couplage maximum avec le résonateur est obtenu en modifiant la distance  $dist$  et l'angle  $\theta$  [4]. Les valeurs optimales sont  $dist = 0,5 \text{ mm}$  et  $\theta = 65^\circ$ .

La Figure 4 présente les paramètres S simulés du filtre à résonateur diélectrique dimensionné. La fréquence de résonance du filtre est de 1,5 GHz avec un coefficient de transmission  $S_{12}$  de -1,2 dB.

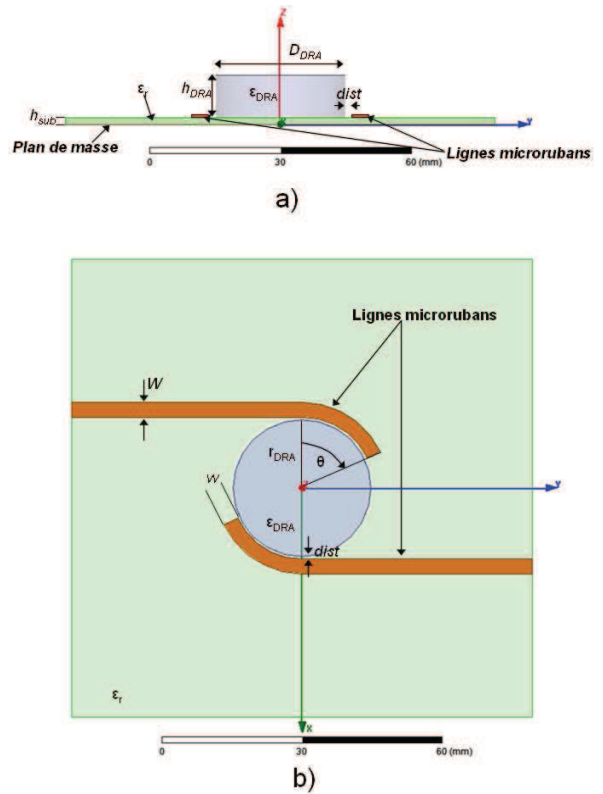


Figure 3. Configuration du filtre à résonateur diélectrique a) vue latérale b) vue supérieure du réseau excitation.

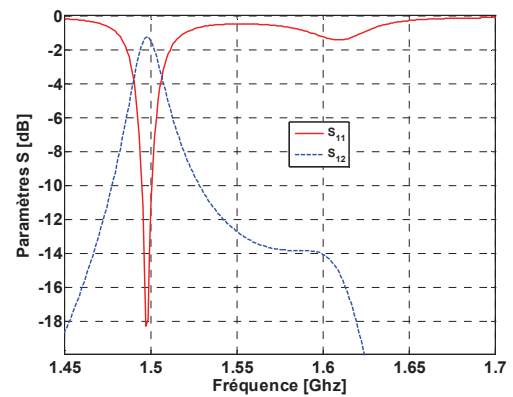


Figure 4. Paramètres S simulés du filtre à résonateur diélectrique.

### 2.c. Intégration antenne et filtre

Naturellement, la fréquence de résonance du filtre diffère donc de la fréquence de résonance de l'antenne. Pour régler ce problème, un disque métallique de diamètre égal à 30 mm est placé au-dessus du résonateur cylindrique à une distance  $d_{gap}$ . Ce disque a pour effet de déplacer la fréquence de résonance du filtre, sans modifier la fréquence d'accord de l'antenne [3,4].

La Figure 5 montre les paramètres S du filtre en fonction de la distance  $d_{gap}$ . On remarque que la fréquence de résonance est fortement dépendante de cette distance  $d_{gap}$ . Dans notre cas, pour obtenir une résonance à  $f_{GPS}$  pour le filtre, la distance  $d_{gap}$  doit être égale à 4,5 mm.

La Figure 6 montre l'effet de la variation de la distance  $d_{gap}$  entre le disque et le résonateur sur le coefficient de réflexion de l'antenne. On note que cette variation n'affecte pas la fréquence de résonance, mais elle a un effet sur l'adaptation de l'antenne.

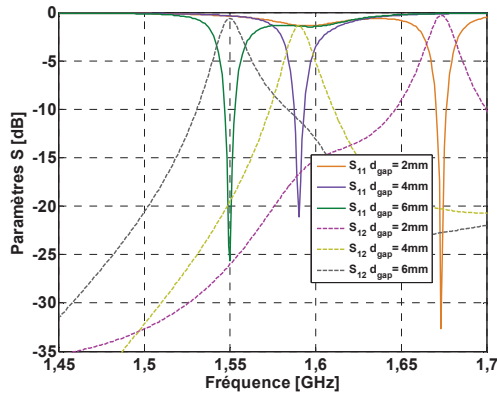


Figure 5. Paramètres S simulés du filtre à résonateur diélectrique en fonction de la variation de la distance  $d_{gap}$  ( $D_{disque} = 30$  mm).

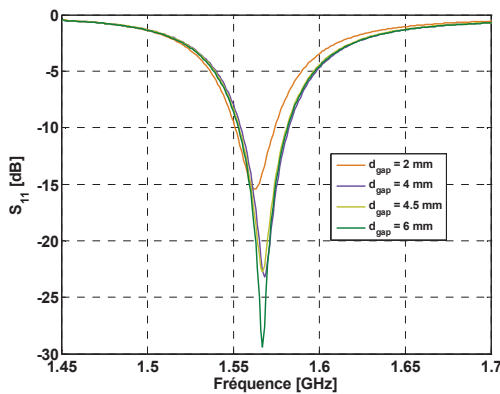


Figure 6. Paramètres S simulés de l'antenne à résonateur diélectrique en fonction de la variation de la distance  $d_{gap}$  ( $D_{disque} = 30$  mm).

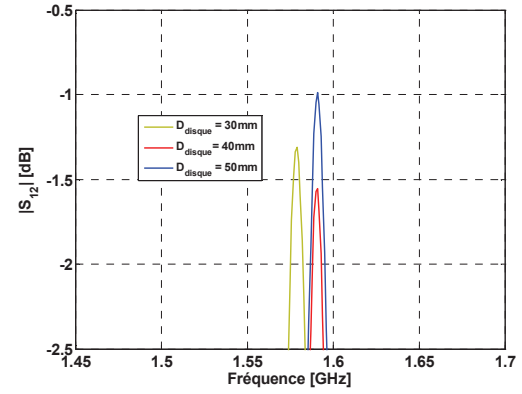


Figure 7. Paramètres  $S_{12}$  simulés du filtre à résonateur diélectrique pour différentes variations du diamètre du disque ( $d_{gap} = 4,5$  mm).

Un dernier paramètre à régler est le diamètre du disque  $D_{disque}$ . La Figure 7 montre la variation du paramètre  $S_{12}$  en fonction du diamètre  $D_{disque}$  pour la distance  $d_{gap} = 4,5$  mm. On remarque l'influence de ce paramètre sur le coefficient de transmission du filtre. Finalement, un diamètre  $D_{disque}$  égal à 30 mm a été utilisé pour obtenir un bon compromis entre la transmission et la taille de l'antenne filtrante.

Une fois la configuration du filtre optimisée, la dernière étape de l'intégration consiste à relier l'accès de l'antenne à l'entrée du filtre en utilisant un via au travers du plan de masse. Au final, comme le montre la Figure 8, la sortie du filtre correspond à l'accès de l'antenne filtrante.

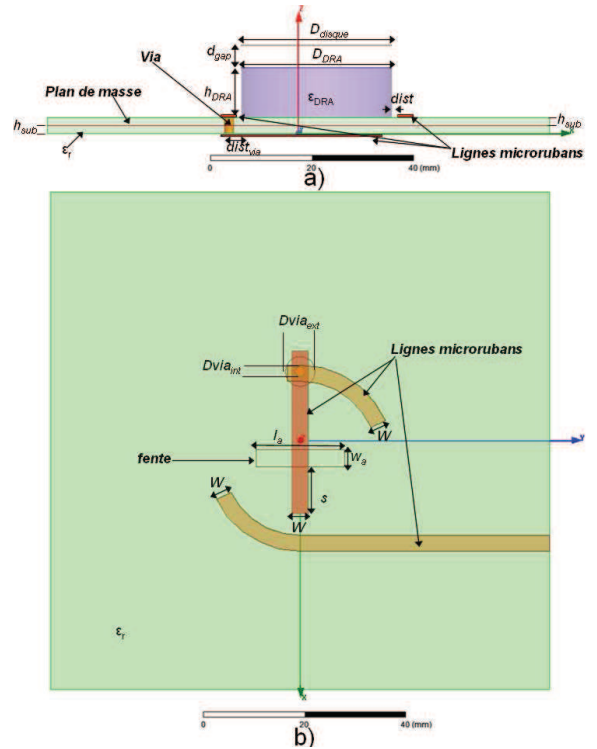


Figure 8. Configuration finale de l'antenne filtrante a) vue latérale b) vue supérieure du réseau d'excitation.

Les valeurs des paramètres pour cette configuration sont :  $D_{disque} = D_{DRA} = 30 \text{ mm}$ ;  $h_{DRA} = 10 \text{ mm}$ ;  $d_{gap} = 4,5 \text{ mm}$ ;  $dist = 0,5 \text{ mm}$ ;  $h_{sub} = 1,6 \text{ mm}$ ;  $W = 3,23 \text{ mm}$ ;  $l_a = 17,75 \text{ mm}$ ;  $w_a = 3,55 \text{ mm}$ ;  $S = 12,87 \text{ mm}$ ;  $Dvia_{int} = 1 \text{ mm}$ ;  $Dvia_{ext} = 2 \text{ mm}$ ;  $\varepsilon_r = 4,1$ ;  $\varepsilon_{DRA} = 80$ .

### 3. Résultats

La Figure 9 montre le coefficient de réflexion, ou paramètre  $S_{11}$ , obtenu en simulation pour l'antenne filtrante.

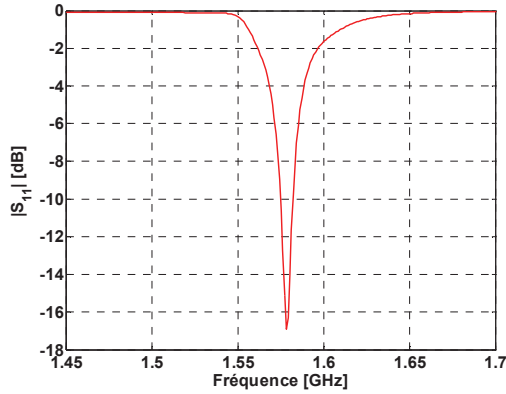


Figure 9. Coefficient de réflexion simulé de l'antenne filtrante.

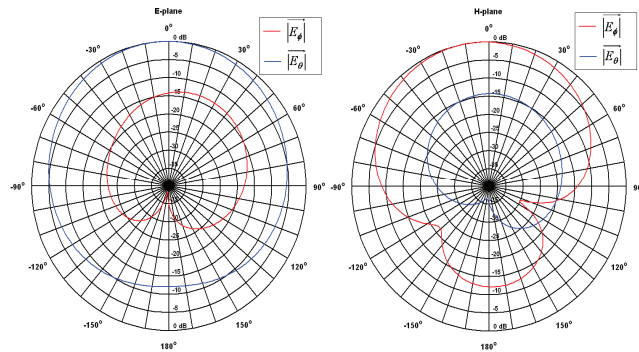


Figure 10. Diagrammes de rayonnement simulés de l'antenne filtrante à la fréquence GPS L1.

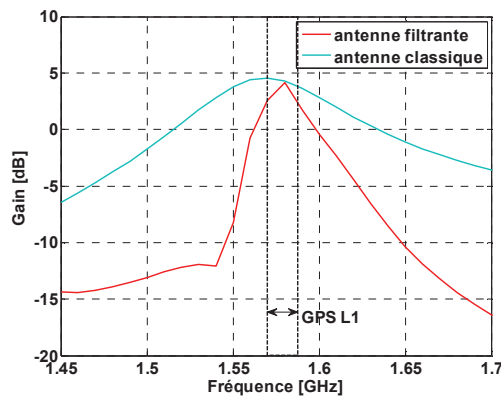


Figure 11. Gain simulé dans la direction  $\theta = 0^\circ$  en fonction de la fréquence pour une DRA classique et la solution proposée.

Le paramètre  $S_{11}$  est égal à -17 dB à la fréquence GPS L1, ce qui traduit une bonne adaptation d'impédance. La bande passante à -10 dB est de 7 MHz.

La Figure 10 montre les diagrammes de rayonnements normalisés de l'antenne filtrante dans les plans E et H. On remarque l'existence d'une polarisation croisée dans les deux plans, attribuée à un rayonnement du mode  $TE_{01\delta}$ .

La Figure 11 présente le gain de l'antenne à résonateur diélectrique classique et le gain de l'antenne filtrante en fonction de la fréquence pour la direction  $\theta = 0^\circ$ . A noter que ce gain inclut les pertes par désadaptation. On note la meilleure réjection fréquentielle obtenue.

### 4. Conclusion

Une antenne filtrante utilisant les capacités multi-modes d'un résonateur diélectrique a été dimensionnée et simulée. Un coefficient de réflexion de -17 dB à la fréquence GPS L1 et une bande passante de 7 MHz à -10 dB ont été obtenus. Ce concept permet une amélioration de la de réjection fréquentielle autour de la fréquence GPS L1.

### 5. Bibliographie

- [1] A. K. Brown et B. Mathews. «GPS Multipath Mitigation Using a Three Dimensional Phased Array», Proc. of ION GNSS, Long Beach, California, Septembre 2005.
- [2] S. Rougerie, A. Konovaltsev, M. Cuntz, F. Antreich, G. Carrie, L. Ries et F. Vincent, «Comparison of SAGE and Classical Multi-Antenna Algorithms for Multipath Mitigation in Real-World Environment», ESA Navitec, Décembre 2010.
- [3] E. H. Lim et K. W. Leung, «Use of the Dielectric Resonator Antenna as a Filter Element», IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 56, NO. 1, pp.5-10, Janvier 2009
- [4] A. A. Kishk, L. K. Hady et D. Kajfez, «Triple Mode Use of a Single Dielectric Resonator», IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 57, NO.5, pp.1328-1335, Mai 2009.
- [5] A. Petosa, «Dielectric Resonator Antenna Handbook », Boston MA : Artech, 2007.